

**MODIFIKASI STAMPING DIES BOTTOM OUTER HATCHBACK UNTUK
MENGURANGI CACAT WRINKLING DAN THINNING**

TESIS

Diajukan Kepada
Program Studi Magister Teknik Mesin
Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta
Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Magister dalam Ilmu Teknik Mesin



Oleh
Tri Joko Suryanto
NIM. U100170034

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2020

NOTA PEMBIMBING I

Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng, Ph.D.

Dosen Magister Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nota Dinas

Subjek : Tesis Saudara Tri Joko Suryanto

Kepada Yth.

Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Assalamu 'alaikum Wr.Wb.

Setelah membaca, meneliti, mengkaji, mengoreksi dan membuat koreksi yang diperlukan untuk tesis saudara :

Nama : Tri Joko Suryanto

NIM : U100170034

Program Studi : Magister Teknik Mesin

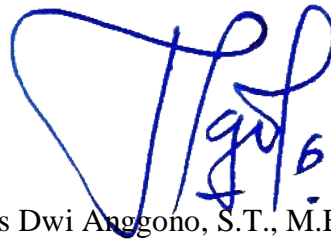
Judul : Modifikasi *Stamping Dies Bottom Outer Hatchback* Untuk Mengurangi Cacat *Wrinkling* Dan *Thinning*

Dengan ini kami menilai Tesis tersebut dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian Tesis pada Program Studi Magister Teknik Mesin Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Wassalamu 'alaikum Wr.Wb.

Surakarta, 20 April 2020

Pembimbing I



Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng, Ph.D.

NOTA PEMBIMBING II

Ir. Waluyo Adi Siswanto, M.Eng, Ph.D.

Dosen Magister Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nota Dinas

Subjek : Tesis Saudara Tri Joko Suryanto

Kepada Yth.

Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Assalamu 'alaikum Wr.Wb.

Setelah membaca, meneliti, mengkaji, mengoreksi dan membuat koreksi yang diperlukan untuk tesis saudara :

Nama : Tri Joko Suryanto

NIM : U100170034

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Judul : Modifikasi *Stamping Dies Bottom Outer Hatchback* Untuk Mengurangi Cacat *Wrinkling* Dan *Thinning*

Dengan ini kami menilai Tesis tersebut dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian Tesis pada Program Studi Magister Teknik Mesin Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Wassalamu 'alaikum Wr.Wb.

Surakarta, 20 April 2020
Pembimbing II



Ir. Waluyo Adi Siswanto, M.Eng, Ph.D.

HALAMAN PERSETUJUAN

MODIFIKASI *STAMPING DIES BOTTOM OUTER HATCHBACK* UNTUK MENGURANGI CACAT *WRINKLING* DAN *THINNING*

TESIS

Oleh

TRI JOKO SURYANTO

NIM : U 100 170 034

SUSUNAN PEMBIMBING

Utama Ir. Agus Dwi Anggono, Ph.D
NIDN : 0617067602

Pendamping Ir. Waluyo Adi Siswanto, M.Eng., Ph.D
NIDN : 0618106503

Telah dinyatakan memenuhi syarat untuk diujikan

Pada tanggal

Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta



Tri Wicobdo Besar Riyadi, Ph.D
NIDN : 0627017202

HALAMAN PENGESAHAN

MODIFIKASI *STAMPING DIES BOTTOM OUTER HATCHBACK* UNTUK MENGURANGI CACAT *WRINKLING* DAN *THINNING*

TESIS

Oleh

TRI JOKO SURYANTO

NIM : U 100 170 034

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Ketua Penguji	<u>Ir. Agus Dwi Anggono, Ph.D</u> NIDN : 0617067602
Penguji	<u>Ir. Waluyo Adi Siswanto, M.Eng., Ph.D</u> NIDN : 0618106503
Anggota	<u>Joko Sedyono, M.Eng., Ph.D</u> NIDN : 0618047001

Telah dipertahankan di hadapan tim penguji dan telah memenuhi syarat kelulusan
Pada tanggal 30 April 2020



Direktur Sekolah Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Prof. Dr. Bambang Sumardjoko
NIDN : 0014056201

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Tri Joko Suryanto
NIM : U100170034
Program Studi : Magister Teknik Mesin
Judul : *Modifikasi Stamping Dies Bottom Outer Hatchback*
Untuk Mengurangi Cacat *Wrinkling* Dan *Thinning*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tesis yang saya serahkan ini benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan-kutipan dan ringkasan-ringkasan yang telah saya jelaskan sumbernya. Apabila dikemudian hari terbukti Tesis ini jiplakan dan terdapat plagiasi, gelar yang diberikan oleh Universitas Muhammadiyah Surakarta batal saya terima.

Surakarta, 20 April 2020

Yang Membuat pernyataan



Tri Joko Suryanto

NIM. U100170034

ABSTRAKSI

MODIFIKASI *STAMPING DIES BOTTOM OUTER HATCHBACK* UNTUK MENGURANGI CACAT *WRINKLING* DAN *THINNING*

Tri Joko Suryanto¹, Agus Dwi Aggono², Waluyo Adi Siswanto³

Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Surakarta

Jl. A. Pabelan, Kartasura Surakarta
joko.s25@gmail.com

Abstrak

Proses *stamping* umumnya melibatkan pembentukan yang dibatasi oleh patahan (*fracture*), cacat bentuk geometris seperti kerutan (*wrinkle*), *springback* dan penipisian (*thinning*). Tujuan dari penelitian ini adalah memperbaiki kualitas hasil pada proses *stamping bottom outer hatchback* dengan material SCGA untuk mengurangi cacat *wrinkling* dan *thinning*. Analisis dilakukan menggunakan metode simulasi *stamping* dengan *software AutoForm*, Obyek yang digunakan adalah *bottom outer hatchback*. Penelitian simulasi pembentukan ini memvariasikan 2 jenis *dies* yaitu *dies* original dan *dies* modifikasi dengan koefisien gesek (μ) sebesar 0.15, *Blank Holder Force* 30 KN, gaya penekan 300 KN, ketebalan material 0.8 mm. Informasi perubahan material serta besarnya area aman dan tidak aman *blank* diperoleh dari grafik *Forming Limit Diagram* (FLD). Hasil penelitian menggunakan *dies* original didapat nilai *Thinning* tertinggi pada tahap kedua dan ketiga di area A yaitu 0.771. Nilai tertinggi Area B pada tahap keempat yaitu 0.38. Nilai *Thinning* tertinggi dengan *dies* modifikasi pada tahap keempat di kedua area yaitu area A sebesar 0.375 dan area B sebesar 0.191. *Wrinkling* menggunakan *dies* original maupun *dies* modifikasi mengalami peningkatan pada setiap tahapnya. *Wrinkling* tertinggi dari kedua *dies* ditunjukkan pada tahap keempat di kedua area. Nilai *wrinkling* tertinggi pada proses *drawing* dengan menggunakan *dies* original yaitu area A sebesar 0.299 dan area B sebesar 0.147. Nilai tertinggi *wrinkling* menggunakan *dies* modifikasi yaitu area A sebesar 0.227 dan area B sebesar 0.097. Berdasarkan analisis grafik FLD *Nonlinear*, kedua *dies* yang digunakan masih belum aman karena terdapat *cracking* pada material.

Kata kunci: *Deep drawing, Thinning, Wrinkling, AutoForm*

-
1. Mahasiswa Magister Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
 2. Dosen Magister Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
 3. Dosen Magister Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa penulis ucapkan karena telah dapat menyelesaikan naskah tesis yang berjudul “Modifikasi *Stamping Dies Bottom Outer Hatchback* Untuk Mengurangi Cacat *Wrinkling* dan *Thinning*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik di Program Studi Magister Teknik Mesin Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Sofyan Anif, M.Pd., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Prof. Dr. Bambang Sumardjoko, M.Pd., selaku Direktur Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Tri Widodo Besar Riyadi, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Kepala Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan Tesis ini.
5. Ir. Waluyo Adi Siswanto, M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan Tesis ini.
6. Joko Sedyono, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Penguji yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan Tesis ini.
7. Dosen Magister Teknik Mesin dan karyawan Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.
8. Bapak Fauzan, S.T., selaku pembimbing penelitian di Divisi Stamping PT. New Armada Mekar Jaya, Magelang.
9. Keluarga dan Istri tercinta yang telah memberikan dukungan moril.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tesis ini. Semoga Allah membalas kebaikan kalian.

Penulis menyadari bahwa dalam Tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca akan diterima dengan senang hati.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, 20 April 2020

Penulis,

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping letters and flourishes.

Tri Joko Suryanto

DAFTAR ISI

MODIFIKASI.....	i
NOTA PEMBIMBING I.....	ii
NOTA PEMBIMBING II	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
SURAT PERNYATAAN.....	vi
ABSTRAKSI.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.2. Kerangka Teori.....	8
2.2.1 Pengertian <i>Deep Drawing</i>	8
2.2.2 Proses <i>Deep Drawing</i>	8
2.2.3 Variabel Proses <i>Drawing</i>	11
2.2.4 Tegangan.....	24
2.2.5 Regangan.....	25
2.2.6 Kurva Tegangan – regangan	26
2.2.7 Tegangan dan regangan teknik vs sebenarnya	28
2.2.8 Elastisitas anisotropic	29
2.2.9 Keseimbangan gaya dan momen	30
2.2.10 Kondisi Batas (<i>Boundary Conditions</i>).....	32
2.2.11 Kriteria Luluh (<i>Yield Criterion</i>) untuk Bahan Anisotropi	33
2.2.12 Kriteria luluh Hill 1948.....	34
2.2.13 Kriteria luluh Barlat's 1989	40

2.2.14	Kriteria luluh Aretz's Yld 2003	41
2.2.15	<i>Forming Limit Diagram</i> (FLD)	43
2.2.16	Kriteria kegalan pada <i>sheet metal forming</i>	44
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN DAN PROSES SIMULASI	54
3.1.	Lokasi dan Alat Penelitian	54
3.2.	Diagram Alir Penelitian	55
3.3.	Studi Literatur.....	56
3.4.	Studi Kasus.....	56
3.5.	Material	57
3.6.	Desain Bottom <i>Outer Hatchback</i> Menggunakan <i>Software</i> Catia V5	57
3.7.	Simulasi pembentukan menggunakan <i>software</i> AUTOFORM R7	58
3.8.	Analisis Hasil	59
3.9.	Kesimpulan dan Saran	60
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	61
4.1	Validasi Simulasi	61
4.2	Analisis <i>forming limit diagram</i> dengan <i>dies</i> original	62
4.3	Analisis <i>forming limit diagram</i> dengan <i>dies</i> yang telah dimodifikasi....	65
4.4	<i>Forming Limit Diagram Nonlinear</i>	70
4.5	Analisis pada perubahan jarak <i>Punch</i> dan <i>Dies</i>	71
4.5.1	Analisis Minor-Major Strain	71
4.5.2	Analisis Minor-Major Stress	73
4.5.3	Analisis <i>Thinning</i>	75
4.5.4	Analisis <i>Wrinkling</i>	76
4.6	Perbandingan Hasil <i>Stamping</i>	77
BAB V	PENUTUP.....	78
5.1	Kesimpulan.....	78
5.2	Saran	78
REFERENSI	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Parameter proses dalam stamping lembaran logam dari bagian <i>autobody</i>	1
Gambar 2.1	Ilustrasi skematik proses <i>deep drawing</i> : a) <i>pure drawing</i> , b) <i>ironing</i>	9
Gambar 2.2	Fraktur pada <i>cup deep drawing</i> : disebabkan a) <i>Die radius</i> terlalu kecil dan b) <i>punch radius</i> terlalu kecil.	10
Gambar 2.3	Variabel signifikan dalam <i>deep drawing</i>	11
Gambar 2.4	Jalur pembebanan dinding <i>cup</i> untuk kriteria luluh yang berbeda. (a) Kondisi Tresca. (b) kondisi von Mises. (c) Lokus hasil anisotropik untuk bahan dengan nilai $R > 1$	12
Gambar 2.5	Contoh <i>hardening curve</i> tergantung ketebalan. Kurva biru milik ketebalan <i>blank</i> yang digunakan dalam simulasi.	15
Gambar 2.6	Dalam kondisi kering, kekasaran pada permukaan yang bersinggungan harus dihilangkan dengan gaya geser.	18
Gambar 2.7	<i>Draw punch</i> dengan dua sudut kerucut.	19
Gambar 2.8	<i>Die</i> untuk operasi pertama <i>drawing</i> ; <i>die ring</i> dengan sudut radius..	20
Gambar 2.9	Tipe <i>die</i> untuk operasi <i>drawing</i> lanjutan menggunakan <i>draw ring</i> dengan sudut radius.	20
Gambar 2. 10	<i>Drawing die</i> dengan profil <i>draw ring</i> tersusun a) <i>solid draw ring</i> b) <i>draw ring</i> terdiri dari dua ring.....	21
Gambar 2. 11	<i>Draw beads</i> untuk membantu aliran material.	23
Gambar 2. 12	Sembilan komponen <i>stress</i> bekerja pada elemen terbatas.	24
Gambar 2.13	Garis deformasi, translasi, dan rotasi pada suatu material.	25
Gambar 2.14(a)	Kurva tegangan-regangan dan tegangan-regangan dari logam ulet.	
	(b) Perluasan awal bagian dari kurva.	26
Gambar 2.15	Metode <i>offset</i> untuk menentukan kekuatan luluh.	27
Gambar 2.16	Perbandingan teknik (lebih rendah) dan kurva tegangan-regangan sebenarnya (atas).	29
Gambar 2.17	Gaya bekerja pada potongan tabung yang bertekanan.	30
Gambar 2.18	Keseimbangan momen pada permukaan silindris.	31

Gambar 2.19 Plat beralur. Kondisi material di luar alur mempengaruhi material di dalam alur.	32
Gambar 2.20 Penyusutan lateral spesimen uji Tarik tembaga sebagai fungsi jarak dari lengkungan. Regangan diukur ketika elongasi 27.6%.....	33
Gambar 2.21 Pembengkokan pada lembaran spesimen uji, regangan bidang ($\epsilon_y = 0$) berlaku kecuali dalam jarak yang sama dengan ketebalan tepi dimana ($\sigma_y = 0$).....	33
Gambar 2.22 Pengaruh koefisien anisotropi r_0 terhadap bentuk lokus luluh yang didefinisikan oleh kriteria Hill 1948.	37
Gambar 2.23 Pengaruh koefisien anisotropi r_{90} terhadap bentuk lokus luluh yang ditentukan oleh kriteria Hill 1948	37
Gambar 2.24 Pengaruh koefisien anisotropik normal pada bentuk lokus luluh yang didefinisikan oleh kriteria Hill 1948.	38
Gambar 2.25 Pengaruh tegangan luluh uniaksial pada bentuk lokus hasil yang ditentukan oleh kriteria Hill 1948.	39
Gambar 2.26 <i>Forming Limit Diagram</i> (FLD) untuk mengevaluasi pembentukan kualitas suatu elemen [34].	43
Gambar 2.27 Gambar geometri kerutan.....	45
Gambar 2.28 Kerutan geometris dan kerutan variabel hasil baru.	47
Gambar 2.29 Stroke bawah : kerutan geometris dan kerutan variabel hasil baru.	47
Gambar 2.10 <i>Definisi maksimum shear stress</i>	51
Gambar 2.21 Kurva fraktur untuk nilai yang berbeda dari parameter <i>Max Shear Strain</i>	52
Gambar 2. 32 Diagram regangan kritis lengkap untuk analisis <i>Edge Cracks</i>	53
Gambar 2. 43 Kurva <i>edge Cracks failure</i> dalam bentuk kerja plastik maksimum tergantung pada parameter <i>path strain a</i>	53
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	55
Gambar 3. 2 Hasil <i>Stamping Bottom Outer Hatchback</i> yang sudah dipotong dengan <i>plasma cutting</i>	56
Gambar 3. 3 Desain dies pada Autoform R7.....	58
Gambar 4.1 Eksperimen FLD pada DP-780 <i>steel sheet</i> menggunakan <i>Tensile tests</i> (kiri) dan <i>Nakajima tests</i> (kanan)	61
Gambar 4.2 <i>Forming Limit Diagram Step 1</i>	62

Gambar 4.3 <i>Forming Limit Diagram Step 2</i>	63
Gambar 4. 4 <i>Forming Limit Diagram Step 3</i>	63
Gambar 4. 5 <i>Forming Limit Diagram Step 4</i>	64
Gambar 4.6 Kondisi material sebelum (a) dan sesudah (b) proses <i>trimming</i>	64
Gambar 4.7 Perbandingan FLD sebelum proses <i>trimming</i> (a) dan sesudah proses <i>trimming</i> (b).	65
Gambar 4.8 Desain <i>upper dies</i> (a) original (b) modifikasi.	66
Gambar 4.9 <i>Forming Limit Diagram Step 1</i>	66
Gambar 4.10 <i>Forming Limit Diagram Step 2</i>	67
Gambar 4.11 <i>Forming Limit Diagram Step 3</i>	67
Gambar 4.12 <i>Forming Limit Diagram Step 4</i>	68
Gambar 4.13 Kondisi material sebelum (a) dan sesudah (b) proses <i>trimming</i>	68
Gambar 4.14 Perbandingan FLD sebelum proses <i>trimming</i> (a) dan sesudah proses <i>trimming</i> (b).	69
Gambar 4.15 FLD <i>NonLinear distance to bottom 0.00 (trimming)</i> menggunakan <i>dies</i> a) original b) modifikasi.	70
Gambar 4.16 <i>Blank</i> dalam kondisi tidak aman.....	70
Gambar 4.17 Grafik <i>minor strain</i> pada perubahan jarak <i>punch</i> dan <i>dies</i>	71
Gambar 4.18 Grafik <i>Major Strain</i> pada perubahan jarak <i>punch</i> dan <i>dies</i>	72
Gambar 4.19 Grafik <i>Minor stress</i> pada perubahan jarak <i>punch</i> dan <i>dies</i>	73
Gambar 4.20 Grafik <i>Major stress</i> pada perubahan jarak <i>punch</i> dan <i>dies</i>	74
Gambar 4.21 Grafik <i>Thinning</i> pada perubahan jarak <i>punch</i> dan <i>dies</i>	75
Gambar 4.22 Grafik <i>Wrinkling</i> pada perubahan jarak <i>punch</i> dan <i>dies</i>	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai koefisien untuk material yang berbeda.	22
Tabel 2.2 Hasil kerutan sheet metal dengan ketebalan 1 mm.	46
Tabel 3.1 Sifat Material SCGA	57
Tabel 3.2 Tahap analisis FLD berdasarkan <i>Distance to bottom</i>	60
Tabel 4. 1 Tabel perbandingan hasil <i>stamping</i> dengan <i>dies</i> original dan <i>dies</i> modifikasi.....	77